



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS FEIXES DE FIBRAS DE CURAUÁ

Odayanne Vieira Pires<sup>1</sup>

Michael cris Bonfim<sup>1</sup>

Letícia Figueiredo de Almeida<sup>1</sup>

Victor Moutinho<sup>2</sup>

Thiago Augusto de Sousa Moreira<sup>3</sup>

Bruno Monteiro Balboni<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

<sup>2</sup> Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

<sup>3</sup> Instituto de Engenharia e Geociências / Universidade Federal do Oeste do Pará

<sup>4</sup> Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS FEIXES DE FIBRAS DE CURAUÁ

**Resumo:** Os feixes de fibras naturais vêm sendo muito cobiçados, principalmente por possuir a capacidade para a substituição das fibras sintéticas em diversos setores industriais. São materiais sustentáveis, leves, com baixo custo e grande abundância, possuindo em sua composição celulose, hemicelulose e lignina. Diante dos muitos feixes de fibras naturais, o curauá é que vem se destacando entre as pesquisas para produção de compósitos, reforços, etc. Tendo em vista sua importância, este trabalho tem o objetivo de comparar sua resistência à tração utilizando duas variedades (branco e roxo). Foram utilizados 50 feixes de fibras de curauá branco e 50 feixes de fibras de curauá roxo, escolhidos aleatoriamente para a determinação de seu diâmetro e para a confecção dos corpos de prova para o ensaio mecânico na máquina universal de ensaio EMIC DL 30000, com célula de carga de 5kN e velocidade de ensaio de 0,1 mm/min. Os dados foram aplicados na estatística de Wilcoxon que mostraram que há diferenças entre as médias de diâmetro ( $\mu\text{m}$ ), mas entre as médias de tensão máxima (MPa) não houveram diferenças. Pode-se concluir então que os feixes de fibras de curauá roxo apresentaram maior diâmetro, porém sua resistência não diferiu estatisticamente do curauá branco.

**Palavras-chave:** Sustentáveis, Resistência à tração, Wilcoxon.

## MECHANICAL CHARACTERIZATION OF FIBER BEAMS OF CURAUÁ

**Abstract:** The bundles of natural fibers have been highly coveted, mainly because they have the capacity to replace the synthetic fibers in several industrial sectors. They are sustainable materials, light, with low cost and great abundance, possessing in its composition cellulose, hemicellulose and lignin. Faced with the many bundles of natural fibers, curauá has been standing out among the researches for the production of composites, reinforcements, etc. Considering its importance, this work aims to compare its resistance to traction using two varieties (white and purple). Fifty bundles of white curauá fibers and 50 bundles of purple curauá fibers, randomly selected for the determination of their diameter and for the preparation of the test specimens for the mechanical test in the EMIC DL 30000 universal test machine with a Load of 5kN and test speed of 0.1 mm / min. The data were applied in the Wilcoxon statistic that showed that there are differences between the averages of diameter ( $\mu\text{m}$ ), but between the average of maximum tension (MPa) there were no differences. It can be concluded that the bundles of purple curauá fibers had a larger diameter, but their resistance did not differ statistically from the white curauá.

**Key words:** Sustainable, Tensile Strength, Wilcoxon.

### 1. INTRODUÇÃO

As utilizações dos feixes de fibras naturais vêm crescendo progressivamente nos últimos anos, como um substituto das fibras sintéticas em diferentes setores industriais, tais como embalagens, automóveis e até mesmo no setor da construção civil (WAMBUA et al., 2003), tendo como principal vantagem seu baixo custo, abundância e biodegradabilidade.

Os feixes de fibras vegetais são materiais sustentáveis que, quando adicionados em componentes construtivos, promovem leveza ao material, permitem o baixo custo na produção, além de melhorar propriedades mecânicas destes componentes, principalmente a resistência ao impacto (MAGALHÃES, 2009). Há uma grande confusão em relação ao que chamam de “fibras”, pois estas são na verdade, feixes de fibras que contêm em si várias células (fibras), que são formadas por microfibrilas cristalinas constituídas de celulose, que estão conectadas por meio de uma camada amorfa formada de lignina e hemicelulose (TOMCZAK, 2010). Podem ser denominados feixes de fibras celulósicas, visto que a

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

celulose é o seu principal componente químico, ou ainda por feixes de fibras lignocelulósicas quando levada em consideração que contém lignina, um polímero polifenólico natural (PUKANSKY, 2005).

Segundo Spinacé et al. (2012), os feixes de fibras lignocelulósicas possuem três componentes principais: hemicelulose (20 a 40% em massa), celulose (40 a 60% em massa) e lignina (10 a 25% em massa). Para eles, dentre os feixes lignocelulósicas com potencial de aplicação na área de polímeros reforçados, destacam-se os extraídos das folhas do curauá. Este tem recebido atenção especial dos pesquisadores, por possuir propriedades mecânicas adequadas para reforços em relação a outros feixes vegetais. Seu feixe de fibra extraído contém 73,6 % de celulose, 9,9 % de hemicelulose, 7,5 % de lignina e 0,9 % de teor de cinzas (FARUK et al., 2012).

O curauá, de distribuição natural na Região Amazônica, é uma planta herbácea pertencente à família das bromélias (Bromeliaceae) e possui folhas retas e duras que podem chegar a 1,5m de comprimento e 4cm de largura (TOMCZAK, 2010). Existem quatro variedades de curauá: branco, roxo, vermelho e branco brilhante, sendo os mais comuns o roxo, com folhas roxo-avermelhadas, e o branco, com folhas verdes (SILVA e AQUINO, 2008).

Diversos pesquisadores têm desenvolvido trabalhos utilizando feixes de fibras de curauá para o desenvolvimento de compósitos: compósitos de acetato de celulose plastificado com os feixes de curauá tratados e não tratados com CO<sub>2</sub> supercrítico (GUTIÉRREZ et al., 2012); compósitos de matriz poliéster reforçada com até 30% em peso de feixes contínuos e alinhados de curauá sem qualquer tratamento e sem adição de produtos químicos que aumentassem o acoplamento feixe/matriz (MONTEIRO et al., 2006); compósitos de poliuretano (MOTHÉ et al., 2004); compósitos com matriz de resina epóxi (ROCHA et al., 2014); compósitos de poliamida-6, substituindo a fibra de vidro (SANTOS et al., 2009); compósito híbrido interlaminar curauá/vidro/resina poliéster insaturado mantendo os feixes de curauá nas camadas centrais do laminado (ANGRIZANI, et al., 2014) e compósitos de curauá e sisal, usando o polipropileno e o polietileno de alta densidade (SPINACÉ, et al., 2011). Estudos também avaliaram sua aplicação como reforço estrutural de vigas de madeira laminada colada (DONADON, et al. 2016); como reforço de matriz termoplástica de biopolietileno de alta densidade (CASTRO, et al., 2013); modificadas quimicamente e inseridas com uma camada condutora de polianilina (SOUZA JR., et al., 2010); utilizadas juntamente com sisal para reforçar matrizes de solo (PINTO, 2008) e na produção de painéis de cimento Portland (BILCATI, 2015).

No Brasil e no exterior, os feixes de fibras de curauá vêm apresentando resultados significativos nas pesquisas, o que os tornam um dos mais promissores entre as espécies produzidas na Amazônia brasileira (OLIVEIRA et al., 2008). Tendo em vista grandes interesses, o objetivo deste trabalho é comparar sua resistência à tração utilizando duas variedades de curauá mais abundantes, branco e roxo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os feixes de fibras de curauá branco foram adquiridos de um produtor rural da região do baixo amazonas, na forma como é comercializada no mercado. Os feixes de fibras de curauá roxo foram obtidos na forma *in natura* de um plantio residencial; os quais foram desfibrados manualmente, lavados, colocados para secar e penteados para a confecção dos corpos de prova.

### 2.1. Geometria da fibra

Foram utilizados 50 feixes de fibras de curauá branco e 50 feixes de fibras de curauá roxo, escolhidos aleatoriamente, em seguida submetidos à temperatura de 80°C por 24h na estufa para retirada da umidade. Posteriormente, foram inseridos em tubos cilíndricos com 2

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro; preenchidos com cera para o corte transversal dos feixes e coloridos com safranina para sua melhor visualização no estéreo microscópio. O diâmetro dos feixes foi determinado através de sua área, mensurada com o auxílio do programa ImageJ (RASBAND, 2011).

## 2.2. Ensaio mecânico

As confecções dos corpos de prova foram baseadas nos métodos de Caldas (2014), porém com algumas modificações na distância entre garras e materiais utilizados. Os feixes foram cortados no comprimento de 60 mm, colados suas extremidades com cola *super bonder* Loctite no papel cartão (Figura 1).

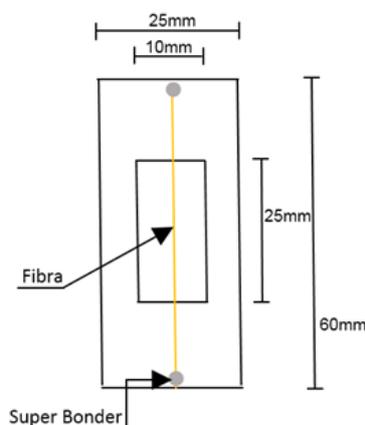


Figura 1. Dimensões do corpo de prova de curauá.

Fonte: Próprio autor (2017).

Os ensaios de resistência à tração foram realizados em uma máquina universal de ensaio modelo EMIC DL 30000 (Figura 2), com célula de carga de 5kN, baseados nos métodos de Caldas (2014), mas com modificações na velocidade de ensaio de 0,1 mm/min; sendo a distância entre garras de 25 mm.



Figura 2. Disposição do corpo de prova na máquina.

Fonte: Próprio autor (2017).



## 2.3. Análise dos Dados

Os dados das duas variedades de curauá foram aplicados na estatística descritiva (média, desvio padrão, máximo e mínimo) e comparados estatisticamente seu diâmetro e tensão máxima.

O teste estatístico Wilcoxon, a 95% de probabilidade, foi utilizado, pois os dados não apresentaram as prerrogativas para o uso do teste T; não tinham distribuição normal e homogeneidade nas variâncias. As estatísticas descritivas, os testes e as análises gráficas foram realizadas utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Como se pode observar na figura 3A, há diferença significativa no diâmetro das duas variedades de curauá (valor  $p = 0,001279$ ), com médias de 76,7  $\mu\text{m}$  para o branco e 89,5  $\mu\text{m}$  para o roxo. Silva e Aquino (2008) descrevem valores de 60-100  $\mu\text{m}$  para o branco e 49-93  $\mu\text{m}$  para o roxo. Monteiro et al. (2006) encontraram para o curauá branco a média de 170  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Quando comparados com outras fibras vegetais encontramos: coco 131-229  $\mu\text{m}$  (TOMCZAK, 2010), sisal 229  $\mu\text{m}$  (PINTO, 2008), ramie 50  $\mu\text{m}$  (ALI, 2009), juta 40-350  $\mu\text{m}$  (LI, et al., 2007), talipot 200-700  $\mu\text{m}$  (SATYANARAYANA, et al., 1990), carbono 5-15  $\mu\text{m}$ , aramida 12-15  $\mu\text{m}$  (BALSEIRO, 2007), e palma 400-490  $\mu\text{m}$  (RAO e RAO, 2007).

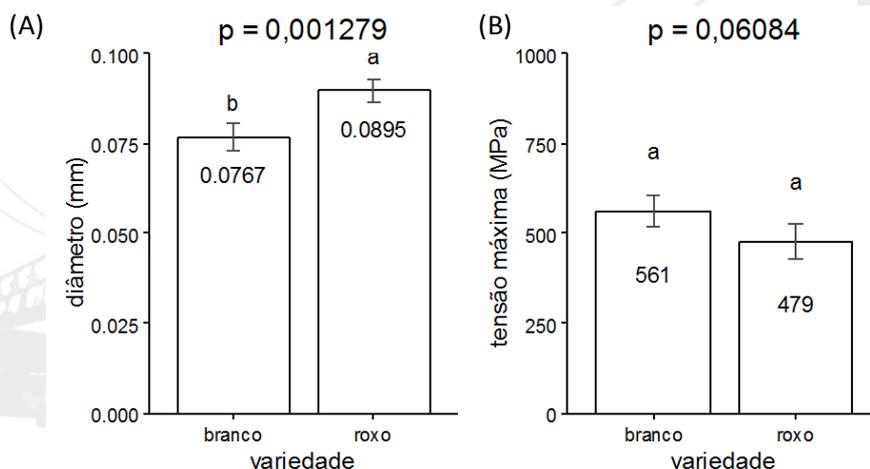


Figura 3. Comparação de médias entre as variedades de curauá branco e roxo; média do diâmetro (A) e média da tensão máxima (B). 'P' indica o valor de probabilidade do teste de Wilcoxon.

Quando avaliados os resultados do ensaio de tração de ambas as variedades de curauá (figura 3B), nota-se que não há diferença estatística em relação à tensão de ruptura (valor  $p = 0,06084$ ). Apesar de não apresentar diferença estatística, o valor do teste foi bastante próximo do nível de significância adotado, 5%. Uma análise com maior quantidade de dados e que apresente distribuição normal, permitindo a utilização do teste T, pode trazer um resultado mais taxativo quanto à diferença ou não da resistência dos feixes de fibra entre os curauás branco e roxo.

Comparando-se os resultados do presente estudo com o de outros autores que estudaram a resistência dos feixes de fibras de diferentes espécies (tabela 1), observamos que as variedades de curauá possuem uma resistência menor em comparação ao sisal que é um feixe de fibra muito conhecido no mercado; o que para Silva e Aquino (2008) a variação dimensional ao longo do comprimento dos feixes e a diversidade de suas formas



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

influenciam nos resultados do teste de tração, sendo a resistência mecânica determinada principalmente pela celulose contida.

Tabela 1. Comparativos da resistência à tração de feixes fibrosos

Feixes	Resistência à tração (MPa)	Autores
Curauá branco	561 859-1404	Presente trabalho Silva e Aquino (2008)
Curauá roxo	479 665-1300	Presente trabalho Silva e Aquino (2008)
Sisal	606,4	Caldas, (2014)
Coco in natura	110,87	Bedin, (2014)
Coco modificado	97,84	
Bamboo	106-204	Monteiro, et al. (2011)
Buriti	129-254	
Piaçava	109-1750	
Ramie	400-1620	

Inicialmente, o presente estudo visava comparar com os comprimentos das células que compõem os feixes de fibras, buscando averiguar se há uma correlação entre estas variáveis. Contudo, o método utilizado para separação destas células, Franklin (1945), não se demonstrou adequado. As fibras dos feixes são muito longas, sofrendo ruptura durante sua separação mecânica após a retirada da lignina, componente que une as células vegetais. Com isso não foi possível a mensuração do comprimento das fibras para checar sua influência na resistência à tração dos feixes.

## 4. CONCLUSÃO

Pôde-se concluir que os feixes de fibras do curauá roxo possuem os maiores diâmetros, 17% maiores do que o curauá branco.

Não foi observada diferença estatística na resistência à tração dos feixes de fibras nas duas variedades estudadas, porém um maior número amostral pode trazer maiores esclarecimentos, já que, o valor p do teste (0,06084) foi muito próximo do nível de significância, 0,05.

Uma nova metodologia é necessária para a separação das fibras contidas nos feixes, de forma a possibilitar sua mensuração.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M. Natural fibers as construction materials. Nonconventional materials and technologies. In: Proceedings of the 11th international conference on non-conventional materials and technologies, Bath, UK, 2009.

ANGRIZANI, C.C.; AMICO, S.C.; CIOFFI, M.O.H.; ZATTERA, A.J. Influência da Espessura nas Propriedades Mecânicas de Compósitos Híbridos Interlaminares de Curauá/Vidro/Poliéster. *Polímeros*, vol. 24, n. 2, p. 184-189, 2014.

BALSEIRO, A.M.R. Reforço e reabilitação de vigas de madeira por pré-esforço com laminados FRP. 2007, p. 144. Dissertação (Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

BEDIN, M.G. Compósito com polietileno de baixa densidade e fibra de coco in natura e modificada. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais). 2014. 85p. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

BELTRAMI, L.V.R.; SCIENZA, L.C.; ZATTERA, A.J. Efeito do Tratamento Alcalino de Fibras de Curauá sobre as Propriedades de Compósitos de Matriz Biodegradável. *Polímeros*, vol. 24, n. 3, p. 388-394, 2014.

BILCATTI, G.K. Produção de painéis de cimento portland reforçados com fibra de curauá (*Ananas erectifolius*). 2015. 100p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CALDAS, B.G.S. Estrutura sanduíche de matriz poliéster reforçado com tecido de sisal conformado por infusão a vácuo. 2014. p. 102. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CASTRO, D.O., FROLLINI, E.; MARINI, J.; RUVOLLO FILHO, A. Preparação e Caracterização de Biocompósitos Baseados em Fibra de Curauá, Biopolietileno de Alta Densidade (BPEAD) e Polibutadieno Líquido Hidroxilado (PBHL). *Polímeros*, vol. 23, n. 1, p. 65-73, 2013.

DONADON, B.F.; MASCIA, N.T.; TRAUTWEIN, L.M.; HAKAMADA, A.; BERTOLINE, C.A.A. Utilização de fibras naturais de curauá e sisal para reforço de vigas de madeira laminada colada. In: XV Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016.

FARUK, O.; BLEZKI, A. K.; FINK, H. P.; SAIN, M. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. *Progress in Polymer Science*, n. 37, p. 1552-1596, 2012.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* 155: 51.1945.

GHAVAMI, K.; TÔLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. *Cement & Concrete Composites*, 1999. vol. 21, p. 39-48.

GUTIÉRREZ, M.C.; ROSA, P. DE T.V., DE PAOLI, M.A.; FELISBERTI, M.I. Biocompósitos de Acetato de Celulose e Fibras Curtas de Curauá Tratadas com CO<sub>2</sub> Supercrítico. *Polímeros*, vol. 22, n. 3, p. 295-302, 2012.

LI, X.; TABIL, L.G.; PANIGRAHI, S. Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: a review. *J Polym Environ* 2007; 15: 25–33.

MAGALHÃES, A. C. T. V. Estudo de fibras vegetais, mucilagem de cacto e gesso e componentes construtivos. 2007. 123p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2009.

MONTEIRO, S.N.; AQUINO, R.C.M.P; LOPES, F.P.D; CARVALHO, E.A.; ALMEIDA, R.M. Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com fibras contínuas e alinhadas de Curauá. *Revista Matéria*, v. 11, n. 3 p. 197 – 203, 2006.

MONTEIRO, S.N.; LOPES, P.D.; BARBOSA, A.P.; BEVITORI, A.B.; SILVA, I.L.A. DA.; COSTA, L.L. DA. Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering Materials—An Overview. *Metallurgical and Materials Transactions*. v. 42A, 2011. p. 2963-2974.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

MOTHE, C.G.; ARAUJO, C.R. de. Thermal and mechanical characterization of polyurethane composites with curaua fibers. *Polímeros*, v.14, p.274-278, 2004.

OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A.; SOUSA, F. I. B.; SILVA, R. J. F. Estrutura foliar de curauá em diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, n. 2, p. 163-169, 2008.

PINTO, A. R. G. Fibra de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo. Rio de Janeiro, 2008, 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC - Rio).

PUKANSZKY, B. Interfaces and interphases in multicomponent materials: past, present, future. *European Polymer Journal*, v. 41, p. 645–662, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. "R: A Language and Environment for Statistical Computing". R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria, 2014. URL: <http://www.r-project.org>

RAO K, M.M.; RAO K, M. Extraction and tensile properties of natural fibers: vakka, date and bamboo. *Compos Struct* 2007; 77: 288–295.

RASBAND, W.S. ImageJ. U.S. National Institute of Health, Bethesda, Maryland, USA, (1997-2011) <http://imagej.nih.gov/ij/>

ROCHA, I.G., LADCHUMANANANDASIVAM, R., GALVÃO, A.O., COELHO, M.P.G. Compósito unidirecional de fibra de curauá com resina epóxi: estudo das propriedades mecânicas. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, 2014.

SANTOS, P.A.; SPINACÉ, M.A.S.; FERMOSELLI, K.K.G.; DE PAOLI, M.A. Efeito da Forma de Processamento e do Tratamento da Fibra de Curauá nas Propriedades de Compósitos com Poliamida-6. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 19, n. 1, p. 31-39, 2009.

SATYANARAYANA, K.G.; SUKUMARAN, K.; MUKHERJEE, P.S.; PAVITHRAN, C.; PILLAI, S.G.K. Natural fiber–polymer composite. *Cement Compos* 1990; v. 12: p. 117–136.

SILVA, R. V.; AQUINO, E. M. F. Curaua fiber: a new alternative to polymeric composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, v. 27, n. 1, 2008.

SOUZA JUNIOR, F.G. de; PICCIANI, P.H.S.; ROCHA, E.V. da; OLIVEIRA, G.E. de. Estudo das Propriedades Mecânicas e Elétricas de Fibras de Curauá Modificada com Polianilina. *Polímeros*, vol. 20, n. especial, p. 377-382, 2010.

SPINACÉ, M.A.S.; JANEIRO, L.G.; BERNADINO, F.C.; GROSSI, T.A.; PAOLLI, M.A. Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal x curauá. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 21, n 3, São Carlos, 2011.

TOMCZAK, F. Estudos sobre as propriedades de fibras de coco e curauá no Brasil. 2010. 135p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná, 2010.

VANI, G.C.; CARDOSO, P.H.S.; GUIMARÃES, V.A.; ISRAEL, C.L. comparação das propriedades mecânicas de compósitos prfv obtidos pelos processos de laminação contínua e pultrusão. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2014, Cuiabá, MT.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

WAMBUA, P.; IVENS, J.; VERPOEST, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composite Science and Technology*, v. 63, p. 1259-1264, 2003.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

